

Title	Clinical dose assessment for scanned carbon-ion radiotherapy using linear energy transfer measurements and Monte Carlo simulations
Author(s)	中路, 拓
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/91811">https://hdl.handle.net/11094/91811</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;大阪大学の博士論文について＜/a&gt;</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

## Synopsis of Thesis

氏 名 Name	中路 拓
論文題名 Title	Clinical dose assessment for scanned carbon-ion radiotherapy using linear energy transfer measurements and Monte Carlo simulations (線エネルギー付与測定とモンテカルロシミュレーションを用いたスキャンニング炭素線治療のための臨床線量評価)
<p>論文内容の要旨</p> <p>〔目 的(Purpose)〕</p> <p>Dosimetric commissioning of treatment planning systems (TPS) focuses on validating the agreement of the physical dose with experimental data. For carbon-ion radiotherapy, the commissioning of the relative biological effectiveness (RBE) is necessary to predict the clinical outcome based on the radiation quality of the mixed radiation field. In this study, we proposed a approach for RBE commissioning using Monte Carlo (MC) simulations, which was further strengthen by RBE validation based on linear energy transfer (LET) measurements.</p> <p>〔方法ならびに成績(Methods/Results)〕</p> <p>First, we tuned the MC simulation based on the results of dosimetric experiments including the beam ranges, beam sizes, and MU calibrations. Furthermore, we compared simulated results to measured depth- and radial-LET distributions of the 430 MeV/u carbon-ion spot beam with a 1.5 mm<sup>2</sup>, 36-μm-thick silicon detector. The measured dose-averaged LET (LET<sub>d</sub>) and RBE were compared with the simulated results. The RBE was calculated based on the mixed beam model with linear-quadratic parameters depending on the LET. Finally, TPS-calculated clinical dose profiles were validated through the tuned MC-based calculations.</p> <p>A 10 keV/μm and 0.15 agreement for LET<sub>d</sub> and RBE, respectively, were found between simulation and measurement results obtained for a 2-σ lateral size of 430 MeV/u carbon-ion spot beam in water. These results suggested that the tuned MC simulation can be used with acceptable precision for the RBE and LET calculations of carbon-ion spot beam within the clinical energy range. For physical and clinical doses, the TPS- and MC-based calculations showed good agreements within ±1.0% at the centre of the spread-out Bragg peaks.</p> <p>〔総 括(Conclusion)〕</p> <p>The tuned MC simulation can accurately reproduce the actual carbon-ion beams, and it can be used to validate the physical and clinical dose distributions calculated by TPS. Moreover, the MC simulation can be used for dosimetric commissioning, including clinical doses, without LET measurements.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

(申請者氏名) 中路 拓

論文審査担当者	(職)		氏 名	
	主 査	大阪大学教授	小川 和秀	署名
	副 査	大阪大学教授	西尾 雅治	署名
	副 査	大阪大学教授	小泉 雅彦	署名

## 論文審査の結果の要旨

炭素線治療はがんを治療する放射線療法の1種であり、その線量分布はブラッグピークと呼ばれる飛程末端への線量集中性と高い電離密度領域における生物学的効果の増強により、腫瘍制御率の向上・正常組織障害の低減を実現する。

シリコン検出器によるスポットビーム測定時の計数率やモンテカルロ計算と比較した際のスペクトル形状再現性に課題が残っているが、スポットビームおよび治療計画システムによる計算について、線量平均指標LETdおよび生物線量モデルに基づく臨床線量について十分な精度で再現性検証が可能であることを示した。

治療計画システムでは人体組成変換としてCT-SPR変換の近似を用いる一方で、モンテカルロ計算では人体組成の考慮が可能であり、不均質領域に対する臨床線量計算の誤差評価への応用が期待される。

以上の評価から、論文審査担当者により申請者の論文が博士(医学)の学位授与に値すると判断された。